

大容量变频器对电动机继电保护的影响

张超, 张艳艳, 黄生睿

(中南电力设计院, 湖北 武汉 430071)

摘要: 火力发电厂重要辅机采用大容量变频器调速后, 对电动机的传统保护方式产生了很大影响。由于微机型差动保护装置的数字信号处理是基于傅里叶变换, 频率范围是 45~55 Hz, 远小于变频器频率变换范围, 使其不适用于变频回路, 提出采用磁平衡式纵差保护解决变频电动机回路相间短路保护问题; 针对传统的零序 CT 方法检测电动机或电缆单相接地故障非常困难, 变频器自身的保护功能也不能检测单相接地故障, 提出的谐波注入法可以很好地解决这一难题。

关键词: 变频器; 电动机继电保护; 差动保护; 单相接地故障保护

Analysis on motor protection after applying converter

ZHANG Chao, ZHANG Yan-yan, HUANG Sheng-rui

(Central Southern China Electric Power Design Institute, Wuhan 430071, China)

Abstract: It makes a difference to traditional motor protection, when the converter with high voltage and large capacity is applied in power plant. The mature differential protection device can not be used in converter circuit, because its digital signal processing based on Fourier transform, and the frequency range wave is from 45Hz to 55Hz, this range is more less than the transforming range of converter frequency. This paper proposes the method that the electric magnetic balance differential protection can resolve the protection problem of inter-phase short circuit faults of large capacity converter motor. It makes difficult to detect single phase earthing of motor or cable through zero-sequence CT, neither the converter self protection, but the harmonic injection method can resolve the difficult problem of single phase earthing protection.

Key words: converter; motor protection; differential protection; single phase earthing protection

中图分类号: TM773

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)17-0009-03

0 引言

一般火电厂厂用电率在 5% 左右, 火电厂在发电的同时也在消耗巨大的电能, 变频器具有良好的控制特性和非常显著的节能效果。随着电力电子技术、微电子技术及控制技术的发展, 特别是国内高压变频器生产厂家的迅速成长, 产品价格逐步降低, 为高压变频器在火电厂的广泛运用奠定了基础。

高压变频器的运用, 无疑是降低厂用电率最好的手段之一, 目前越来越多的电厂在进行高压电动机采用变频器调速的技术改造。有些业主在新建电厂中明确提出, 重要辅机必须考虑采用变频器拖动。在降低厂用电率的同时, 保证机组安全可靠地运行成为电厂管理人员和电气技术人员十分关注的问题。因此, 对高压变频器技术的研究, 特别是应用高压变频器后, 对电动机继电保护的配置和整定, 其影响不得不考虑。

1 变频器基本原理

载波 SPWM(正弦波脉宽调制)电压逆变器是目前变频电源的主流产品, 在工程实际中应用最多。其基本原理是利用三角载波 $u_{\Delta}(t)$ 与正弦调制波 $u(t)$ 比较, 其交点作为变频电源的开关信号, 以得到输出脉冲波 u_{out} , 如图 1 所示。

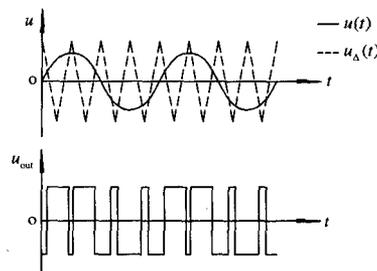


图 1 SPWM 原理图

Fig.1 Schematic diagram of SPWM

2 传统的电动机保护配置

传统的高压电动机保护有电流速断保护、单相接地保护、过负荷保护、低电压保护、纵联差动保

护(2000 kW 及以上的电动机装设)、过电流保护。近年来高压电动机一般采用微机保护装置,通过交流输入模块采集电动机回路电流,采用数字算法实现保护功能。

3 使用高压变频器后电动机保护新问题

3.1 电动机差动保护

《火力发电厂厂用电设计技术规定》规定,2 MW 及以上的电动机应装设本保护。对于 2 MW 以下中性点具有分相引线的电动机,当电流速断保护灵敏性不够时,也应装设本保护。

对于使用了变频器的电动机来说,由于附加了变频器装置,变频器的输入和输出电流在频率和相位上没有必然的联系,所以,对于使用了变频器的电动机来说,不应将变频器纳入差动保护的范畴。有文献指出差动保护可以单独保护电动机。据笔者了解,国内微机保护装置是根据行业标准微机保护通用技术条件设计的。通用技术条件规定额定参数:频率 50 Hz。微机保护装置的数字信号处理是基于傅里叶变换,傅里叶变换有一个基波频率,只能计算整数次谐波分量,微机保护装置一般设置有低通滤波器,傅里叶变换的基波频率跟踪范围是 45~55 Hz,远小于变频器频率变换范围,所以微机型差动保护不适用于变频回路。

传统的电磁型保护是以模拟量的形式来工作的,都是利用电流模拟量的有效值使继电器触点动作,动作于跳闸或信号。晶体管型继电器、集成电路型继电器是将电流模拟量变成直流量,与动作门槛比较来作用于跳闸或信号,也是利用电流模拟量的有效值来使继电器触点动作的。因此对于模拟型继电器来说,动作值只与输入的电流有效值有关,对波形不敏感,作为变频电机的保护来说,传统的非微机保护装置是可以应用的。

对于电动机的主保护最简单的方法是采用磁平衡式纵差保护,如图 2 所示。电动机每相绕组的始端和终端引线分别穿过磁平衡式电流互感器一次。在电动机正常运行或外部短路时,各相始端和终端电流一进一出,互感器一次安匝数零,二次侧无电流输出,保护不动作。因此还可以克服传统的电流平衡式纵差保护,在电动机启动和外部短路时,由于电动机两侧的电流感应特性不一致造成的误动作。

3.2 电动机接地保护

由于变频器的输出端是不接地的,且变频器一般在电动机旁就地布置,变频器与电动机间电缆短,

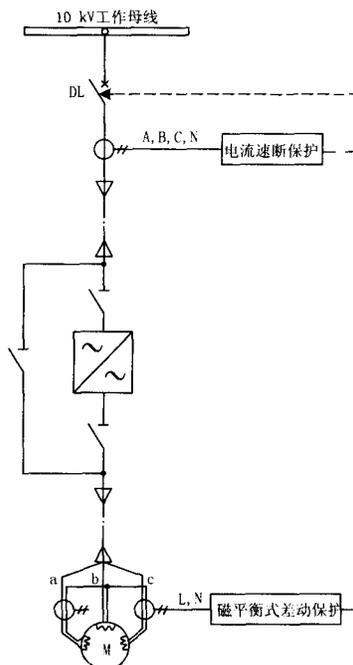
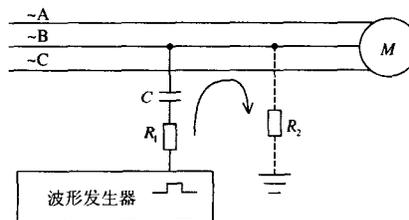


图 2 磁平衡式纵差保护接线图

Fig.2 Wiring diagram of differential protection

电容电流小。使用传统的零序 CT 方法来检测电动机或电缆单相接地故障变得非常困难,变频器自身的保护功能也不能检测单相接地故障,所以现在的设计在使用变频器后,电动机一般没有配置接地保护。

在火电厂,重要风机和水泵电动机如果不装设单相接地故障保护,当故障发展成相间短路时,可能造成严重的经济和社会影响。如图 3 所示,单相接地故障可以采用谐波注入法解决。原理图中谐波注入仅示意了单相,其他两相与 B 相接线相同。



注: C 为隔离元件; R_1 为绝缘检测装置内置电阻; R_2 为电动机接地阻抗

图 3 谐波注入法原理图

Fig.3 Schematic diagram of harmonic injection method

笔者在这里只简要说明谐波注入法原理:波形发生器用来生成一定频率的方波 u_f (频率可调),通过隔离电容与一次元件耦合,通过检测在 R_1 两端

的电压 u_{f1} , 计算出接地阻抗 $R_2 = \frac{R_1(u_f - u_{f1})}{u_{f1}}$,

当 R_2 小于设定值时, 动作于跳闸或报警。

谐波注入法抗干扰能力强, 不受变频器输出谐波影响, 可以适用于各种类型的变频器回路, 还具有在线监测的功能, 实时监测变频器、电缆、电动机的绝缘状态。

3.3 变频器电源侧保护

现在的高压变频器主流产品是多电平变频器, 输入侧设置有移相变压器, 移相变压器有多个次级绕组, 不能装设差动保护, 只能装设速断保护。《电力工程电气设计手册》告诉我们变压器电流速断保护动作电流的整定值, 按躲过外部短路时流过保护的最大短路电流或躲过变压器励磁涌流, 取两计算结果中的较大值。灵敏度校验公式是:

$$K_{lm} = \frac{I_{d.min}^{(2)}}{I_{dz}} \approx 2$$

式中: $I_{d.min}^{(2)}$ 为最小运行方式下保护安装处两相短路时, 流过电流互感器的电流值。

对于变压器—变频器—电动机组, 不存在与下级保护的配合问题, 电流速断保护理论上应该保护整个变压器和变压器与变频器的连接电缆, 动作电流整定值只需躲过变压器励磁涌流, 其值大于 3~5 倍额定电流。

速断保护灵敏度校验应该取变压器次级绕组出口处两相短路电流计算。但是由于移相变压有多个次级绕组的特殊结构, 次级绕组容量小, 阻抗大, 二次侧短路时, 短路电流小, 实际灵敏度校验值一般小于 1, 即速断保护一般不能保护变压器次级绕组的全部, 次级绕组末端短路靠过流保护动作。

(上接第 8 页 continued from page 8)

4 结论

本文在介绍了 WFB-800 装置功能的基础上, 根据三峡右岸电站的具体情况, 得出如下结论:

(1) 在三峡右岸发电机组上实现了主保护、异常运行保护、后备保护的三重化配置方案, 设计简洁可靠, 运行维护方便。

(2) 主保护的配置科学合理, 应用了现今保护的许多新原理以及一些具有自主专利的新技术, 能使得主设备的运行更可靠。

(3) 解决了实际工程中遇到的一些新情况。

4 结论

高压变频器在电厂中应用目前已逐步推广, 技术人员在积极采用这一先进的节能设备同时, 一定要同时关注由于变频器应用而带来的厂用电各方面的影响, 关注随着带来的保护配置和整定问题, 使高压变频器在电厂中安全可靠的运行, 发挥其巨大的节能和调节特性。

参考文献

- [1] DL/T 5153-2002. 火力发电厂厂用电设计技术规定[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
DL/T 5153-2002. Technical Rule for Designing Auxiliary Power System of Fossil Fuel Power Plants[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [2] 电力工程电气设计手册 2[M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.
Electrical Design Manual for Electric Project[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1991.
- [3] DL/T 770-2001. 微机变压器保护装置通用技术条件[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
DL/T 770-2001. General Specifications for Microprocessor-based Transformer Protection Equipment[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.

收稿日期: 2007-03-29; 修回日期: 2007-04-17

作者简介:

张超 (1981-), 男, 助理工程师, 从事火力发电厂、变电所电气系统设计; E-mail: zhangchao-fd@csepd.com

张艳艳 (1980-), 女, 助理工程师, 从事火力发电厂、变电所电气系统设计;

黄生睿 (1965-), 男, 教授级高级工程师, 从事火力发电厂、变电所电气系统设计。

参考文献

- [1] WFB-801 技术说明书[Z]. 2005.
Technology Instruction Book of WFB-801[Z]. 2005.

收稿日期: 2007-04-26; 修回日期: 2007-05-24

作者简介:

唐云龙 (1976-), 男, 硕士, 从事主设备保护的研发工作; E-mail: yunlongt@xjgc.com

陈海龙 (1975-), 男, 本科, 从事主设备保护的研发工作;

沈燕华 (1978-), 男, 本科, 从事主设备保护的研发工作。